Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 1, 2024, p. 147-158

The Effect of Seaweed Extract (*Ascophyllum nodosum*) on Quantitative and Qualitative Yield of Soybean

Safiyeh Arab [1], Mehdi Baradaran Firouzabadi [2*], Ahmad Gholami [2] and Mostafa Haydari [2]

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
(*- Corresponding author's Email: m.baradaran@.shahroodut.ac.ir)

Received: 20-08-2022 Revised: 12-12-2022 Accepted: 17-12-2022 Available Online: 17-12-2022	**How to cite this article:** Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., & Haydari, M. (2024). The effect of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on quantitative and qualitative yield of soybean. *Journal of Agroecology*, *16*(1), 147-158. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2022.78292.1124

Introduction

Seed aging reduces the quality and quantity of agricultural production by reducing quality, viability, and irreversible seed vigor over time. Researchers are increasingly interested in seed aging, which is a serious problem in agriculture. To reduce damages caused during aging, various pretreatment techniques have been studied, including chemical compounds, growth regulators, and antioxidants. Sowing seeds in low osmotic potential osmotic solution is one method of slowing seed aging by osmopriming them. To reduce the negative effects of seed aging, biostimulants such as seaweed extract are used. In order to investigate the effect of seaweed extract on the quantitative and qualitative yield of soybean, an experiment was conducted in the two years of 2018 and 2019 in the research farm of Shahrood University of Technology.

Materials and Methods

The experimental treatments involved the acceleration of aging in two groups: normal seeds and aged seeds. Additionally, seaweed extract was applied at four different levels: control, seed pre-treatment with a seaweed extract concentration of 0.3%, foliar spraying with a seaweed extract concentration of 0.3%, and a combination of seed pre-treatment and foliar spraying with a seaweed extract concentration of 0.3%. This was conducted as a factorial experiment, employing a randomized complete block design with three replications. A sample of DPX was collected from the Mazandaran Agricultural Research Center. A controlled storage room was used to maintain the seeds at a temperature of 14-17°C and relative humidity of 30-40%. The seeds were harvested the same year as the experiment. In order to apply accelerated aging, the seeds were kept for 72 hours at a temperature of 41°C and relative humidity of 95%. Foliar spraying was done at the beginning of flowering (R1).

Results and Discussion

The results showed that accelerated aging decreased the mean daily emergence and germination index by 61.39 and 42.08% compared to the control. The pretreatment of soybean seeds made them more responsive to external stimuli and counteracted stress conditions before they emerged as seedlings. When the seeds were

https://doi.org/10.22067/agry.2022.78292.1124

pretreated with seaweed extract, the mean daily emergence and seed germination index increased. The weight of one hundred seeds and the number of pods per plant decreased by 11.64 and 11.38% compared to the control. The combined application of seed pretreatment and foliar spraying in normal and aging conditions had the highest hundred seed weight and the number of pods per plant. In protein-rich crops, seaweed biostimulants can increase protein production. Pretreatment of normal and aged seeds with seaweed extract increased by 1.48 and 1.61 percent of seed protein. In order to improve soybean germination percentage, protein, and seed yield, ellagic acid and seaweed extract should be used individually or combined. Accelerated aging caused a 32.69% decrease in seed yield compared to normal conditions. The combined application of pre-treatment and foliar spraying of seaweed extract had the highest seed yield, which increased by 87.85% compared to the control. Seed aging likely caused a reduction of seed yield by reducing the mean daily emergence, leaf area index, and 100-seed weight. There are three main characteristics (mean daily seedling field emergence, the number of pods per plant, and 100-seed weight) that can explain 85.96% of seed yield variability based on the coefficient of explanation. An analysis of causal connections between seed yield and 100-seed weight showed that seed protein content directly affects seed yield. By increasing the number of pods per plant and the weight of 100 seed, soybean seeds yield may be enhanced by using seaweed extract.

Conclusion

With its powerful antioxidant properties and anti-aging properties, seaweed extract minimizes the effects of aging on aged seeds. Finally, within the scope of the research, it is possible to suggest the use of pre-treatment and foliar spraying with seaweed extract to increase seed yield and protein percentage in normal and aged soybean seeds.

Keywords: Bio-fertilizer, Deterioration, Priming

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص ۱۵۷-۱۴۷

تأثیر عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) بر عملکرد کمی و کیفی سویا

صفیه عرب [۱]، مهدی برادران فیروزآبادی [۲]*، احمد غلامی [۲] و مصطفی حیدری [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) بر سویا آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پیری تسریع شده در دو سطح بذور نرمال و بذور فرسوده و کاربرد عصاره جلبک در چهار سطح (شاهد، پیش‌تیمار بذور با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۰/۳ درصد، محلول‌پاشی برگی با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۰/۳ درصد و ترکیب توأم پیش‌تیمار بذور و محلول‌پاشی برگی با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۰/۳ درصد) در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. محلول‌پاشی در مرحله آغاز گل‌دهی (R_1) انجام شد. نتایج نشان داد که فرسودگی موجب کاهش میانگین سبز شدن روزانه و شاخص جوانه‌زنی به‌میزان ۶۱/۳۹ و ۴۲/۰۸ درصد نسبت به شاهد شد. وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته در شرایط فرسودگی به‌میزان ۱۱/۶۴ و ۱۱/۳۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. کاربرد توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی بالاترین میزان وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته را دارا بود. پیش‌تیمار بذور نرمال و فرسوده با عصاره جلبک به‌ترتیب موجب افزایش معنی‌دار ۱/۴۸ و ۱/۶۱ درصدی پروتئین نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد. اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش ۳۲/۶۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط نرمال شد. کاربرد توأم پیش‌تیمار و محلول‌پاشی عصاره جلبک، بالاترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۸۷/۸۵ درصد افزایش یافت. می‌توان کاربرد توأم پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با عصاره جلبک را جهت افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین در بذور نرمال و فرسوده سویا پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، زوال بذر، کود زیستی

مقدمه

سویا (*Glycin max*) یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین محصولات کشاورزی است که در سراسر جهان کشت می‌شود و به عنوان یک منبع مهم پروتئینی برای انسان و حیوان تبدیل شده است (Ksiezak & Bojarszczuk, 2022). بذر سویا دارای لیپید و پروتئین بالا می‌باشد و قابلیت جوانه‌زنی خود را فقط تا چند ماه در شرایط معمولی حفظ می‌کند، نگه‌داری و انبارداری بذر تا فصل بعدی رشد یا زمان فروش، یکی از مراحل مهم در صنعت بذر سویا می‌باشد و عدم توجه دقیق و کافی به آن موجب می‌شود بذر سویا دچار خسارت فیزیکی و فیزیولوژیک گردد و فرسودگی بذر تشدید شود (Noli et al., 2021). بذرهای فرسوده، قوه نامیه کمتری دارند که موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر و کاهش استقرار گیاه می‌شود (Wang et al., 2022). به‌طور کلی، می‌توان بیان کرد که فرسودگی بذر یک فرآیند غیرقابل انعطاف و برگشت‌ناپذیر است و در

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: m.baradaran@shahroodut.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2022.78292.1124

نهایت، بذر نیز مانند هر موجود زنده دیگری می‌میرد، ولی بررسی‌ها حاکی از آن است که با روش‌های انبارداری مناسب می‌توان سرعت فرسودگی را کاهش داد. علاوه‌بر روش‌های انبارداری برخی تیمارها مانند پیش‌تیمار بذور می‌توانند بر بهبود عملکرد بذر مؤثر باشند (Miljakovic et al., 2022). از جمله موادی که جهت کاهش فرسودگی بذور می‌توان استفاده کرد، عصاره جلبک‌های دریایی (*Ascophyllum nodosum*) است. از جلبک دریایی به‌عنوان کود در کشاورزی استفاده می‌شود. برخلاف کودهای شیمیایی، عصاره به‌دست آمده از جلبک دریایی از تخریب محیط زیست جلوگیری می‌نماید، غیر سمی است و آلودگی خطرناک برای انسان، حیوانات و پرندگان ایجاد نمی‌کند (Hamouda et al., 2022). عصاره جلبک دریایی شامل هورمون‌های گیاهی از قبیل اسید آبسیزیک، جیبرلین، براسینواستروئید، اتیلن، اکسین، سیتوکینین و حتی استریگولاکتون‌ها است که موجب تقویت این فرضیه می‌شود که مواد موجود در جلبک می‌تواند رشد گیاهان را تحریک کند (De Saeger et al., 2022). محققان اعلام کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در سویا گردید (Arab et al., 2022; Patil et al., 2019). استفاده از عصاره جلبک دریایی به‌صورت پیش‌تیمار سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در سویا (Chetna et al., 2015) و برنج (*Oryza sativa*) (Layek et al., 2018) گردیده است. عصاره جلبک از طریق افزایش در میزان کلروفیل گیاه، فتوسنتز را افزایش می‌دهد و از این طریق، سبب بهبود عملکرد گیاه می‌شود (Papachan et al., 2017).

مطالب بیان شده گویای این موضوع است که بروز هر گونه شرایط نامساعد از قبیل تنش‌های محیطی در مسیر تولید بذور و یا استفاده از شیوه‌های نامناسب تولید و پس از آن، نگه‌داری بذور می‌تواند موجب فرسودگی زودهنگام و کاهش توان واقعی بذر شود که خسارت جبران‌ناپذیری را برای تولیدکننده و کشور به‌دنبال خواهد داشت. لذا، یافتن راهکاری کارآمد برای کاهش آثار منفی ناشی از بذوری که به هر دلیل دچار فرسودگی شده‌اند، ضرورت دارد. در این تحقیق به بررسی اثر عصاره جلبک دریایی به‌صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی روی برگ در راستای بهبود بذرهای نرمال و فرسوده سویا و تقویت گیاهان حاصل از آن‌ها پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی (۱۳۹۸– ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹– ۱۳۹۸) در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل پیری تسریع شده در دو سطح (بذور نرمال و بذور فرسوده) و عصاره جلبک قهوه‌ای *Ascophyllum nodosum* در چهار سطح (صفر، پیش‌تیمار بذور با غلظت ۰/۳ درصد، محلول‌پاشی برگی با غلظت ۰/۳ درصد و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذور و محلول‌پاشی برگی با غلظت ۰/۳ درصد) بود.

عملیات کاشت سال اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ‌های ۲۶ خرداد ۱۳۹۸ و ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۹ با دست و در عمق دو سانتی‌متری انجام شد. تراکم بوته در مزرعه معادل ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بذر سویای مورد استفاده در این آزمایش رقم DPX (کتول) بود و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه شد. بذرهای مورد استفاده، بذرهای برداشت شده همان سال بودند که تا زمان آزمایش در انبار کنترل شده دارای سیستم خنک‌کننده و در محدوده دمایی ۱۴ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۴۰ درصد نگهداری شدند. بذور با هیپوکلریت سدیم یک درصد به‌مدت ۶۰ ثانیه ضدعفونی شدند و سپس، سه بار با آب مقطر شستشو شدند.

جهت اعمال پیری تسریع شده، بذور به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند (ISTA, 2009). پیش‌تیمار بذور با غلظت ۰/۳ درصد عصاره جلبک دریایی با رعایت اصول هوادهی بذر به‌مدت شش ساعت انجام شد. تیمار محلول‌پاشی نیز صبح زود و هنگام آغاز گل‌دهی (R_1) و در شرایط مساعد محیطی انجام شد. اندازه‌گیری صفات دو هفته پس از محلول-پاشی انجام شد. عصاره جلبک مورد استفاده با نام تجاری آکادین ساخت کشور کانادا و تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده مرک آلمان بود.

میانگین سبز شدن روزانه در مزرعه شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است و طبق معادله ۱ محاسبه شد (Ranal & De Santana, 2006).

معادله (۱)
$$MDG = \frac{GR\%}{D}$$

که در آن، MDG: میانگین سبزشدن روزانه در مزرعه، GR%: درصد جوانه‌زنی و D: طول دوره آزمایش است.

و شاخص جوانه‌زنی از مجموع نسبت تعداد کل بذرهای جوانه زده

(N) به تعداد روزهای پس از کاشت (t) محاسبه شد (Ruan, 2002).

معادله (۲)

$$GI = \frac{N}{t}$$

محتوای نسبی آب برگ طبق معادله ۳ و دو هفته پس از محلول‌پاشی و قبل از انجام آبیاری در برگ‌های جوان یک سوم قسمت بالایی بوته‌ها اندازه‌گیری شد (Kramer, 1983). که در آن، Fw: وزن تر برگ، Dw: وزن خشک و Sw: وزن اشباع می‌باشد.

معادله (۳)

$$RWC=(\frac{Fw-Dw}{Sw-Dw})\times100$$

اجزای عملکرد سویا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در ۱۵۵ روز پس از کاشت (رسیدگی کامل) روی ۱۰ بوته اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد نهایی تعداد ۲۰ بوته برداشت گردید. ابتدا غلاف‌های هر بوته و سپس دانه‌های موجود در هر غلاف جداسازی و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ وزن و در نهایت، عملکرد بر حسب گرم در مترمربع گزارش گردید.

مقدار نیتروژن موجود در دانه پس از برداشت با دستگاه NIR[1] مدل KJT-270 ساخت کشور ژاپن تعیین گردید. مقدار یک گرم نمونه آسیاب شده در محل مخصوص قرارگیری نمونه‌ها در دستگاه قرار داده شد و درصد نیتروژن نمونه با دستگاه اندازه‌گیری شد. برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین از معادله ۴ استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین ۵/۷۵ در نظر گرفته شد (AOAC, 1990).

معادله (۴)

ضریب تبدیل پروتئین × درصد نیتروژن = درصد پروتئین نمونه

آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه‌های میانگین داده‌ها به‌روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میانگین سبز شدن روزانه در مزرعه و شاخص جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به جوانه‌زنی در جدول ۱ گزارش شده است. این صفت تحت تأثیر سال (p<۰/۰۵)، فرسودگی (p<۰/۰۱)، عصاره جلبک (p<۰/۰۱) و اثرات متقابل فرسودگی و عصاره جلبک (p<۰/۰۵) و سال و فرسودگی (p<۰/۰۵) قرار گرفت (جدول ۱). کمترین میزان این صفت معادل ۱/۲۲ بذر در روز بود که مربوط به بذور فرسوده بود. پیش‌تیمار بذور با عصاره جلبک در شرایط نرمال و فرسوده به‌ترتیب موجب افزایش ۱۲/۰۲ و ۵۷/۳۷ درصدی این صفت نسبت به عدم کاربرد عصاره شد (شکل 1a). در هر دو سال زراعی، اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش میانگین سبز شدن روزانه نسبت به شرایط نرمال شد. در سال اول در شرایط فرسودگی کاهش ۵۱/۱۰ درصدی و در سال دوم کاهش ۵۴/۶۷ درصدی این صفت نسبت به شاهد به ثبت رسید (شکل 1b).

شاخص جوانه‌زنی بذور سویا در این پژوهش از فرسودگی (P<۰/۰۱) و عصاره جلبک (p<۰/۰۵) تأثیر پذیرفت (جدول ۱). اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش ۴۲/۰۸ درصدی شاخص جوانه‌زنی نسبت به شرایط نرمال گردید (جدول ۲). زمانی که بذور با عصاره جلبک دریایی پیش‌تیمار شدند، افزایش ۲۰/۴۹ درصدی شاخص جوانه‌زنی بذر به ثبت رسید (جدول ۳).

میانگین سبز شدن روزانه، معیاری از سرعت و درصد جوانه‌زنی است، به‌طوری‌که هر چه درصد جوانه‌زنی بیشتر باشد، میانگین سبز شدن روزانه بیشتر می‌شود. دلیل کاهش این صفت در شرایط فرسودگی به کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن مربوط می‌شود. می‌توان چنین بیان کرد که اثر فرسودگی بذر بیشتر روی بنیه بذر است و ممکن است بذر درصد جوانه‌زنی مطلوبی داشته باشد، ولی از بنیه ضعیفی برخوردار باشد. در این صورت پس از قرار گرفتن در شرایط مزرعه‌ای ممکن است استقرار گیاهچه مناسب نباشد و در نهایت، منجر به بدسبزی گردد. محققان نیز دریافتند که فرسودگی بذر منجر به کاهش درصد سبز شدن نهایی و میانگین سبز شدن روزانه می‌شود و سبب افزایش احتمال تولید گیاهچه‌های غیر طبیعی و کاهش درصد استقرار بوته در مزرعه و در نهایت، در مواردی موجب کاهش عملکرد می‌گردد (Nazari et al., 2020 ; Weerasekara et al., 2021). افزایش درصد سبز شدن مزرعه با کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌دلیل وجود جیبرلین و سیتوکینین، اکسین و پلی‌ساکاریدها در این ماده می‌باشد (Samuels et al., 2022).

1- Near Infrared Radiation

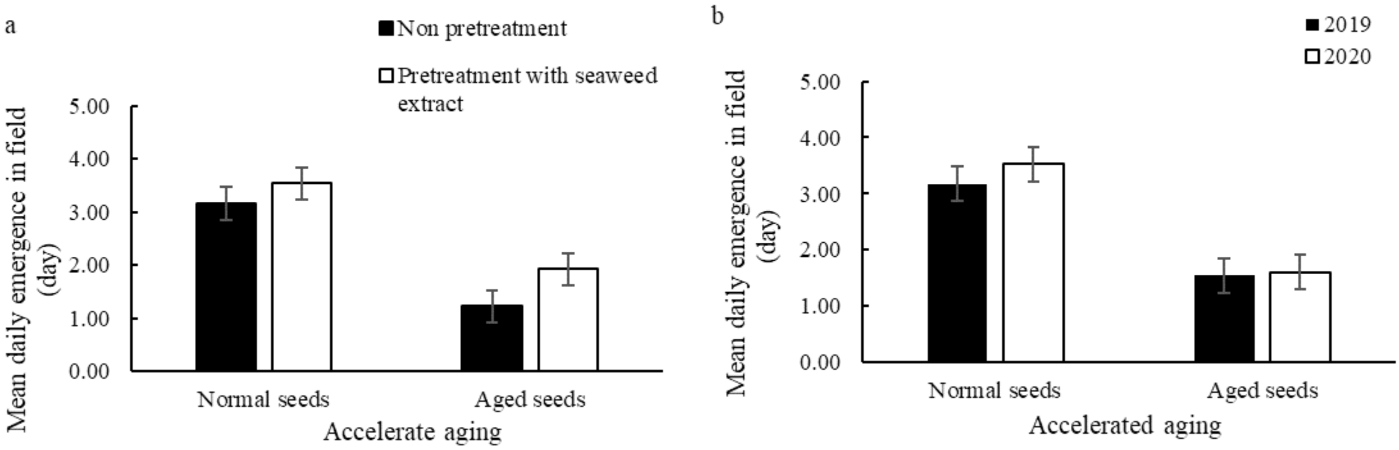
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مربوط به جوانه‌زنی و عملکرد دانه سویا تحت پیری تسریع شده و عصاره جلبک

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for traits related to germination and grain yield of soybean under accelerated aging and seaweed extract

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین سبز شدن روزانه در مزرعه Mean daily emergence in field	شاخص جوانه زنی Germination index	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن صد دانه 100-seed weight	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد دانه Grain yield
سال year	1	0.25*	0.80 ns	9.15 ns	0.88 ns	4.26E-23 ns	113.31 ns	0.007 ns	10413.0 ns
خطا error	4	0.005	2.98	20.94	8.41	0.011	21.58	2.43	11439.0
فرسودگی Aging (A)	1	19.03**	136.32**	36.86 ns	41.25**	0.013**	43.39*	3.77**	99706.0**
عصاره جلبک Pretreatment (B)	3	1.76**	16.50*	18.91 ns	334.17**	0.013**	30.90*	0.65**	52425.0**
A × B	3	0.16*	7.82 ns	18.14 ns	56.50**	0.048**	6.27 ns	1.35**	3082.03 ns
Y × A	1	0.14*	0.02 ns	11.93 ns	3.79 ns	6.41E-33 ns	0.10 ns	0.00007 ns	5306.62 ns
Y × B	3	0.0014 ns	1.98 ns	3.55 ns	4.18 ns	7.03E-33 ns	12.65 ns	0.015 ns	716.67 ns
Y × A × B	3	0.068 ns	4.95 ns	24.13 ns	5.73 ns	1.83E-32 ns	4.83 ns	0.015 ns	1941.2 ns
خطا Error	28	0.03	2.67	24.78	4.22	0.007	6.81	0.52	2729.54
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.06	8.31	11.21	5.22	3.56	16.50	1.93	22.39

*، **و ns : به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: Are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non significant, respectively



شکل ۱- اثرات پیری تسریع شده و پیش‌تیمار با عصاره جلبک (a) و مقایسه میانگین اثرات متقابل پیری تسریع شده و سال (b) بر میانگین سبز شدن روزانه سویا

Fig. 1- Effects of accelerated aging and pretreatment with seaweed extract (a) and comparison of the mean effects of accelerated aging and year (b) on the mean daily emergence of soybean

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی پیری تسریع شده بر شاخص جوانه‌زنی بذر، وزن صد دانه و عملکرد دانه سویا

Table 2- Mean comparison of main effects of accelerated aging on germination index, 100 seed weight and grain yield in soybean

تیمارها Treatments	شاخص جوانه‌زنی Germination index	وزن صد دانه 100-seed weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($g.m^{-2}$)
بذور نرمال Normal seeds	11.31	16.77	278.83
بذور فرسوده Aged seeds	6.55	14.86	187.68
LSD 5%	1.455	1.544	30.894

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی عصاره جلبک بر شاخص جوانه‌زنی بذر سویا

Table 3- Mean comparison of main effects of accelerated aging and seaweed extract on germination index in soybean

تیمارها Treatments	شاخص جوانه‌زنی Germination index
شاهد (بدون پیش‌تیمار) Control (non pretreatment)	8.10
عصاره جلبک Seaweed extract	9.76
LSD 5%	1.455

محتوای نسبی آب برگ

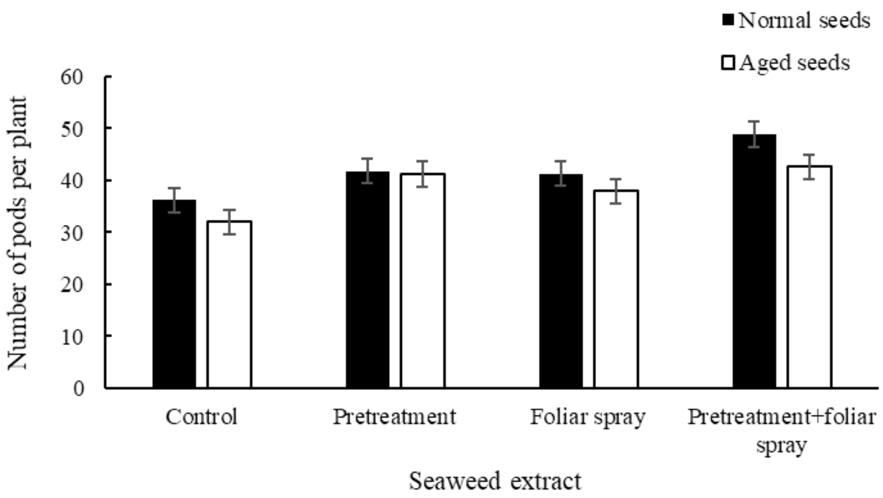
همان‌طور که نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد، محتوای نسبی آب برگ از هیچ یک از تیمارهای آزمایش تأثیر نپذیرفت (جدول ۱).

تعداد غلاف در بوته

این صفت از تیمارهای فرسودگی، عصاره جلبک و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱). کاربرد عصاره جلبک در هر سه حالت پیش‌تیمار بذری، محلول‌پاشی برگی و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی موجب افزایش تعداد غلاف در بوته نسبت به شرایط عدم کاربرد این ماده شد. بیشترین تعداد غلاف در بوته در گیاهان حاصل از بذور نرمال به‌همراه دریافت توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی عصاره جلبک به‌دست آمد که معادل ۴۸/۸۳ غلاف در بوته بود. گیاهان حاصل از بذور فرسوده که عصاره جلبک دریافت نکرده بودند، کمترین میزان این صفت را دارا بودند که ۳۱/۹۵ عدد بود (شکل ۲). مشابه این نتایج، محققان گزارش کردند که فرسودگی موجب کاهش تعداد غلاف در بوته در لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) شد (Eisvand et al., 2017). عصاره جلبک دریایی حاوی مواد مغذی و معدنی بسیاری است که می‌تواند بر فرآیندهای رشدی و نمو گیاه از جمله تبدیل تعداد گل بیشتر به میوه (غلاف) در گیاهان اثر مثبت و فزاینده‌ای داشته باشد (Haghparast et al., 2012). مشابه نتایج این تحقیق، پژوهشگران در سویا نشان دادند که کاربرد عصاره جلبک دریایی موجب افزایش تعداد غلاف در بوته شد (Rathore et al., 2009).

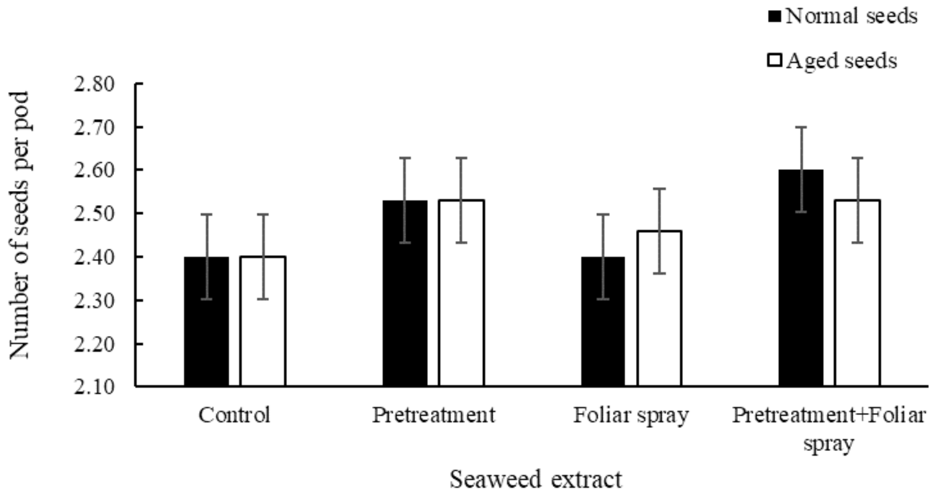
تعداد دانه در غلاف

آنالیز آماری داده‌های مربوط به تعداد دانه در غلاف نشان داد که فرسودگی، عصاره جلبک و برهم‌کنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). تعداد دانه در غلاف در بذور نرمال و فرسوده بدون دریافت عصاره جلبک، یکسان بود و اختلافی با یکدیگر نشان ندادند. در هر دو حالت نرمال و فرسودگی، کاربرد عصاره جلبک به‌صورت پیش‌تیمار بذری و کاربرد توأم پیش-تیمار و محلول‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف نسبت به شاهد شد. این در حالی است که استفاده از این ماده تنها به-صورت محلول‌پاشی برگی اختلافی با شاهد نشان نداد (شکل ۳).



شکل ۲- اثرات متقابل پیری تسریع شده و کاربرد عصاره جلبک بر تعداد غلاف در بوته در سویا
Fig. 2- Effects of accelerated aging and seaweed extract on the number of pods per plant of soybean

محققان دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف را این‌طور بیان کرده‌اند که طی فرسودگی بذر، استقرار بوته در مزرعه کمتر می‌شود و گیاه قادر به تأمین نیاز کربن و نیتروژن گل و میوه‌های تولید شده نیست و از طرفی، با گذشت زمان این نیازها بیشتر می‌شود و انتقال مواد فتوسنتزی از بخش‌های رویشی به زایشی تداوم می‌یابد. این پدیده موجب می‌شود که بافت‌های رویشی دچار پیری شوند و به‌دنبال آن تعداد دانه در غلاف تا سطح معنی‌داری کاهش یابد (Eisvand et al., 2017). کاربرد عصاره جلبک دریایی موجب افزایش تعداد دانه در غلاف در گیاه سویا شد (Rathore et al, 2009). اثرات مطلوب عصاره جلبک دریایی بر تعداد دانه در غلاف در ذرت (*Zea mays*) (Ahmadi et al., 2020) و در کلزا (*Brassica napus*) (Azarmehr et al., 2017) نیز اعلام شده است.



شکل ۳- اثرات متقابل پیری تسریع شده و کاربرد عصاره جلبک بر تعداد دانه در غلاف در سویا
Fig. 3- Effects of accelerated aging and seaweed extract on the number of seeds per plant of soybean

وزن صد دانه

در این پژوهش، وزن صد دانه سویا تنها از اثرات اصلی فرسودگی و عصاره جلبک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱). گیاهان حاصل از بذور فرسوده وزن صد دانه کمتری (۱۱/۳۸ درصد)

را نسبت به بذور نرمال دارا بودند (جدول ۲). استفاده از عصاره جلبک به‌صورت پیش‌تیمار بذری و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذری و محلول-پاشی برگی موجب افزایش ۱۵/۹۱ و ۲۴/۲۶ درصدی وزن صد دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

کاهش وزن صد دانه در این تحقیق بر اثر فرسودگی بذر ممکن است به‌دلیل کاهش رشد اندام‌های فتوسنتزکننده در اثر کیفیت پایین بذر باشد. لذا، کاهش سطح برگ در شرایط فرسودگی از طریق کاهش سرعت فتوسنتز خالص در نهایت، وزن صد دانه را تا سطح معنی‌دار کم کرده است. محققان بیان کردند که وزن صد دانه به مقدار ماده ساخته شده فتوسنتزی موجود و به ظرفیت دانه‌ها برای ذخیره‌سازی بستگی دارد و کاهش هرکدام از این دو مورد موجب کاهش وزن صد دانه می‌گردد (Eisvand et al., 2017). کاربرد عصاره جلبک دریایی در این تحقیق احتمالاً از طریق افزایش شاخص سطح برگ موجب افزایش وزن صد دانه سویا شدند. اثرات مطلوب عصاره جلبک دریایی بر وزن صد دانه در گیاهان اعلام شده است (Ahmadi et al., 2020; Azarmehr et al., 2018; Rathore et al., 2009).

.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات اصلی عصاره جلبک بر وزن صد دانه و عملکرد دانه سویا

Table 4- Mean comparison of main effects of seaweed extract on 100 seed weight and grain yield in soybean

تیمارها Treatments	وزن صد دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Grain yield
شاهد Control	14.26	167.21
پیش‌تیمار Pretreatment	16.53	258.23
محلول‌پاشی Foliar spray	14.74	193.46
پیش‌تیمار + محلول‌پاشی Pretreatment + foliar spray	17.72	314.11
LSD 5%	2.183	43.690

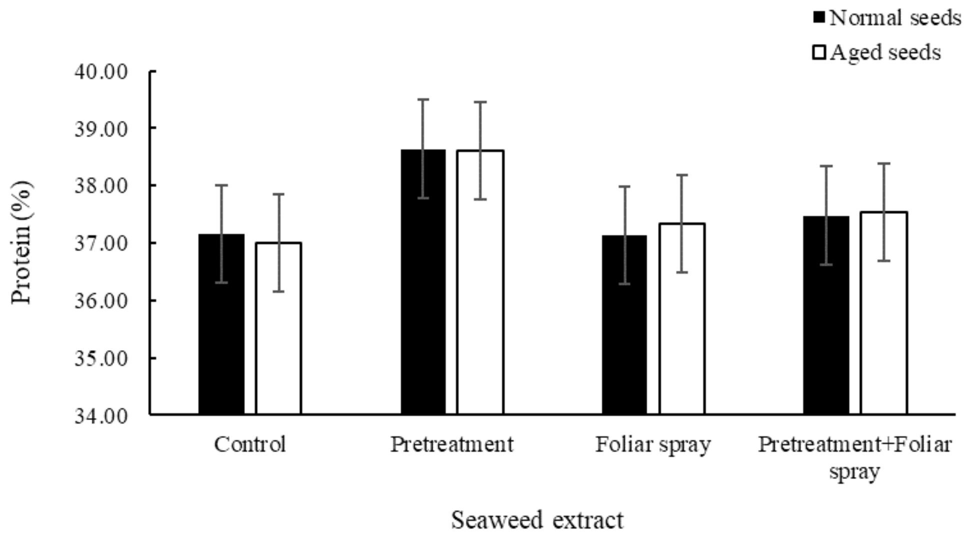
درصد پروتئین

درصد پروتئین بذور سویا از فرسودگی، عصاره جلبک و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه‌های میانگین اثرات متقابل نشان داد که پیش‌تیمار بذور نرمال و فرسوده با عصاره جلبک به‌ترتیب موجب افزایش معنی‌دار ۱/۴۸ و ۱/۶۱ درصدی پروتئین نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد و این در حالی است که کاربرد سطوح دیگر این ماده اختلافی با شاهد نداشت (شکل ۴).

به نظر می‌رسد که استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب قوی‌تر شدن بذور شد و در نتیجه، گیاهان قوی‌تری رشد کرده است و مواد فتوسنتزی بیشتر و در نهایت، پروتئین دانه بیشتر شده است. افزایش در میزان پروتئین گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک به حضور هورمون‌های رشد، عناصر مغذی کم‌مصرف و پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، سدیم، بور، آهن، منگنز، روی و مس)، ویتامین‌ها و اسیدهای‌آمینه موجود در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شده است (Sivasangari Ramya et al., 2015). پژوهشگران بیان کردند که استفاده از محرک‌های زیستی از جمله عصاره جلبک موجب افزایش میزان پروتئین در گیاهان غنی از پروتئین از جمله سویا می‌شود (Deolu-Ajayi et al., 2021). این محققان گزارش کردند که علت افزایش پروتئین می‌تواند جذب مواد مغذی موجود در این مواد باشد که برای ساخت پروتئین ضروری هستند.

عملکرد دانه

عملکرد دانه از تیمارهای فرسودگی و عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱). این صفت در گیاهان حاصل از بذور فرسوده نسبت به گیاهان حاصل از بذور نرمال، ۳۲/۶۹ درصد کمتر بود (جدول ۲). پیش‌تیمار بذور و محلول‌پاشی برگی با عصاره جلبک موجب افزایش ۵۴/۴۳ و ۱۵/۶۹ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد. بالاترین عملکرد دانه در گیاهانی مشاهده شد که عصاره جلبک را هم به‌صورت پیش‌تیمار بذری و هم محلول-پاشی برگی دریافت کرده بودند که نسبت به شاهد ۸۷/۸۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).



شکل ٤- اثرات متقابل پیری تسریع شده و کاربرد عصاره جلبک بر درصد پروتئین سویا

Fig. 4- Effects of accelerated aging and seaweed extract on the protein of soybean

در این پژوهش، فرسودگی بذر سبب کاهش میانگین سبز شدن روزانه مزرعه، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه گردید که همه این‌ها می‌توانند دلایلی برای کاهش عملکرد دانه در این شرایط باشند. استفاده از عصاره جلبک دریایی ممکن است با افزایش وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته موجب افزایش عملکرد دانه شده باشد. افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک دریایی به حضور عناصر ضروری و هورمون‌ها در عصاره جلبک دریایی به‌خصوص سیتوکینین‌ها می‌تواند مرتبط باشد. این افزایش در میزان سیتوکینین در دسترس گیاه موجب شروع گل‌دهی و افزایش عملکرد در گیاه می‌شود (Kocira et al., 2018). نتایج این پژوهش با نتایج محققین دیگر در مورد افزایش عملکرد محصول سویا با کاربرد عصاره جلبک دریایی مطابقت دارد (Kocira et al., 2019; Patil et al., 2019).

تجزیه علیت

از تجزیه علیت جهت تعیین سهم اثرهای مستقیم و غیر مستقیم متغیرها بر عملکرد دانه استفاده شد. زمانی که عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد، صفات میانگین سبز شدن روزانه در مزرعه، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه به‌میزان ۸۵/۹۶ درصد از تغییرات را توجیه کردند (جدول ۵). در این بین، صفت وزن صد دانه بالاترین همبستگی مثبت و مستقیم را دارا بود که معادل ۰/۵۷ بود و بعد از آن به‌ترتیب صفات تعداد غلاف در بوته (۰/۳۴) و میانگین سبز شدن روزانه (۰/۳۲)، اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه نشان دادند.

جدول ۵- تجزیه علیت عملکرد دانه تحت تأثیر صفات میانگین سبز شدن روزانه، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه (عملکرد دانه صفت وابسته است)

Table 5- Path coefficient analysis of mean daily emergence, number of pods per plant and 100 seed weight traits on seed yield (seed yield is dependent trait).

صفات Traits	میانگین سبز شدن روزانه Mean daily emergence	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن صد دانه 100 seed weight	اثرات کل Total effect
میانگین سبز شدن روزانه Mean daily emergence	0.32	0.09	0.16	0.58
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	0.08	0.34	0.19	0.62
وزن صد دانه 100-seed weight	0.09	0.11	0.57	0.78
R- square	0.8596			

اعداد موجود در قطر نشان‌دهنده اثرات مستقیم و خارج از قطر نشان‌دهنده اثرات غیرمستقیم صفات بر روی عملکرد دانه می‌باشند.

Direct (bold) and indirect effects of traits on seed yield.

نتیجه‌گیری

نتایج مربوط به اجزای عملکرد نشان داد که با اعمال فرسودگی از تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و در نهایت، عملکرد دانه تا سطح قابل ملاحظه‌ای کاسته شد. با توجه به اینکه صفات ذکر شده از اجزای مهم عملکرد هستند، کاهش هرکدام تأثیر زیادی بر عملکرد نهایی می‌گذارد. نتایج حاکی از آن است که این صفات با کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی تا سطح قابل توجهی افزایش نشان دادند. در نهایت، در محدوده پژوهش انجام شده می‌توان پیشنهاد نمود که کاربرد عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) به‌صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی با غلظت ۰/۳درصد، سبب بهبود اثرات فرسودگی بذر در گیاه سویا می‌گردد و در این پژوهش، کاربرد این ماده به‌صورت پیش‌تیمار بذری بهتر از حالت محلول‌پاشی برگی عمل کرد.

References

1. Ahmadi, F., Pasari, B., & Javaheri, M. (2020). Study the corn (*Zea mays* L.) response to the application of various chemical, nano, nano-biological fertilizers and organic extract of seaweed. *Journal of Plant Ecophysiology*, *12*(2), 188-203. (In Persian with English abstract)
2. AOAC (Association Official Methods of Analysis). (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Washington.
3. Arab, S., Baradarn Firouzabadi, M., Gholami, A., & Haydari, M. (2022). Physiological responses of soybean plants to pretreatment and foliar spraying with Ellagic acid and Seaweed extract under accelerated aging. *South African Journal of Botany*, *148*, 510-518. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.005
4. Azarmehr, A.R., Baghi, M., & Zyani, N.M. (2017). Application of seaweed extract and sulfated sulfur fertilizer on yield and some yield components of autumn rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivar Natali. *Desert Resarch*, *14*, 155–165. (In Persian with English abstract)
5. Chetna, M., Rai, S., Sase, N., Krish, S., & Mangalam, A.J. (2015). Enteromorpha intestinalis derived seaweed liquid fertilizers as prospective biostimulant for *Glycine max*. *Brazilian Archives Biology and Technology*, *58*(6), 813-820.http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132015060304
6. Deolu-Ajayi, A., Vandermeer, I., Van der Werf, A., & Karlova, R. (2021). The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress. *Authorea preprints*. https://doi.org/10.1111/pce.14391
7. De Saeger, J., Van Praet, S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T., & Depuydt, S. (2020). Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal Applied Phycology*, *32*, 573–597. https://doi.org/10.1007/s10811-019-01903-9
8. Elias, S.G., & Copeland, L.O. (2001). Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. *Agronomy Journal*, *93*, 1054-1058. https://doi.org/10.2134/agronj2001.9351054x
9. Eisvand, H.R., Dousti, A., Hosseini, N.M., & Babaie, A.P. (2014). Effects of PGPR bacteria and seed ageing on improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *45*(2), 33-42. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/lJFCS.2014.51906
10. Haghparast, M., Maleki, F.S., Sinaki, J.M., & Zarei, G.H. (2012). Mitigation of drought stress in chickpea through application of humic acid and seaweed extract. *Crop Production in Environmental Stress*, *1*(4), 59-71. (In Persian with English abstract)
11. Hamouda, M.M., Saad-Allah, K.M., & Gad, D. (2022). Potential of seaweed extract on growth, physiological, cytological and biochemical parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *4*(2), 1-14.https://doi.org/10.1007/s42729-022-00774-3
12. ISTA (International Seed Testing Association). (2009). International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, *49*, 86-41.
13. Kocira, S., Szparaga, A., Kocira, A., Czerwinska, E., Wojtowicz, A., Bronowicka-Mielniczuk, U., Koszel, M., & Findura, P. (2018). Modelling biometric traits, yield and nutritional and antioxidant properties of seeds of three soybean cultivars through the application of biostimulant containing seaweed and amino acids. *Front Plant Science*, *9*(1), 388.https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00388
14. Kocira, S., Szparaga, A., Kubo, M., Czerwinska, E., & Piskier, T. (2019). Morphological and biochemical

responses of *Glycine max* (L.) Merr. to the use of seaweed extract. *Agronomy*, *9*(1), 93. https://doi.org/10.3390/agronomy9020093
15. Kramer, P.S. 1983. Water Relation of Plants. Academic Press. 342-415.
16. Ksiezak, J., & Bojarszczuk, J. (2022). The seed yield of soybean cultivars and their quantity depending on sowing term. *Agronomy*, *12*(5), 1066. https://doi.org/10.3390/agronomy12051066
17. Layek, J., Das, A., Ramkrushna, G.I, Sarkar, D., Ghosh, A., Zodape, S.T., Lal, R., Yadav, G.S., Panwar, A.S., Ngachan, S., & Meena, R.S. (2018). Seaweed extract as organic bio-stimulant improves productivity and quality of rice in eastern Himalayas. *Journal Applied Phycology*, *30*, 547-558. https://doi.org/ 10.1007/s10811-017-1225-0
18. Miljakovic, D., Marinkovic, J., Tamindzic, G., Dordevic, V., Tintor, B., Milosevic, D., Ignjatov, M., & Nikolic, Z. (2022). Bio-Priming of soybean with *Bradyrhizobium japonicum* and *Bacillus megaterium*: Strategy to improve seed germination and the initial seedling growth. *Plants*, *11*(15), 19-27. https://doi.org/10.3390/plants11151927
19. Nazari, R., Parsa, S., Tavakkol Afshari, R., Mahmoodi, S., & Seyyedi, S.M. (2020). Salicylic acid priming before and after accelerated aging process increases seedling vigor in aged soybean seed. *Journal Crop Improvement*, *34*(2), 218-237. https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1710734
20. Noli, Z.A., & Aliyyanti, P. (2021). Effect of liquid seaweed extracts as biostimulant on vegetative growth of soybean. May 2021. In IOP conference series: *Earth and Environmental Science*, *759*(1), 202-221. https://doi.org/10.1088/1755-1315/759/1/012029
21. Papachan, A., Bariampan, L., & Trivedy, K. (2017). Effect of application of *Ascophyllum nodosum* extract on the yield and quality of mulberry leaves. *Bioscience Discovery*, *8*(2), 235-240.
22. Patil, S., Bhalerao, G.A., More V.R., & Waghmare, P.K. (2019). Effect of combination of inorganic fertilizer and seaweed extract on growth and yield of soybean crop. *Journal of Chemistry*, *7*(6), 2304-2306.
23. Ranal, M.A., & De Santana, D.G. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brazil, Botanicue*, *29*(1), 1-11. https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002
24. Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhatt, B.P., Zodape, S.T., & Patolia, J.S. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*, *75*, 351-355. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.10.009
25. Ruan, S. (2002). The influence of priming on germination of rice seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed Science and Technology*, *30*, 61-67.
26. Samuels, L.J., Setati, M.E., & Blancquaert, E.H. (2022). Towards a better understanding of the potential benefits of seaweed based biostimulants in *Vitis vinifera* L. Cultivars. *Plants*, *11*(3), 348. https://doi.org/10.3390/plants11030348
27. Sivasangari Ramya, S., Vijayanand, N., & Rathinavel, S. (2015). Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatum* on growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*, *1*(2), 1-7. https://doi.org/ 10.1007/s40093-015-0096-0
28. Wang, B., Yang, R., Ji, Z., Zhang, H., Zheng, W., Zhang, H., & Feng, F. (2022). Evaluation of biochemical and physiological changes in sweet corn seeds under natural aging and artificial accelerated aging. *Agronomy*, *12*(5), 1028. https://doi.org/10.3390/agronomy12051028
29. Weerasekara, I., Sinniah, U.R., Namasivayam, P., Nazli, M.H., Abdurahman, S.A., & Ghazali, M.N. (2021). Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill. seeds. *Agriculture*, *11*(966), 1-18. https://doi.org/10.3390/agriculture11100966